

Concentraciones totales y bioaccesibles de minerales esenciales, en carne cruda y cocida por tres métodos, de surubi (*Pseudoplatystoma reticulatum*) y boga (*Leporinus obtusidens*)

Total and bioacccsible concetrations of essential minerals, in eaw and cooked meat by three methods of surubi (Pseudoplatystoma reticulatum) and boga (Leporinus obtusidens)

Ortiz ML¹, Trulls HE¹, Picot JA¹, Yancán CB¹, Zach A¹, Brem JC¹

¹Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Análisis físico-químicos anexo a la Cátedra de Biofísica. Corrientes. Argentina.

RESUMEN. El objetivo del trabajo fue determinar las concentraciones totales y bioaccesibles de elementos traza y minerales mayoritarios en carne de surubí y boga, considerando la influencia de los distintos métodos de cocción (horno, frito y hervido) antes de su ingesta, sobre la bioaccesibilidad final de los minerales estudiados. La bioaccesibilidad se estimó por diálisis, modelo in vitro que simula la digestión gastrointestinal humana; se cuantificaron los elementos por espectrofotometría molecular, absorción atómica y complexometría. Las concentraciones totales de calcio (Ca) en boga, en carne cruda y en los tres métodos de cocción fueron superiores a las de surubí; mientras el contenido de magnesio (Mg) y fósforo (P) fueron similares en ambas especies, salvo valores bajos en boga cruda y al horno. Considerando los elementos traza se destacan el hierro (Fe) y zinc (Zn) en ambas especies, con pérdidas en cocción. La fracción bioaccesible para Ca varió entre un 3 al 15%, Mg entre 6 al 20% y P entre 10 al 15%, para todos los tratamientos en las dos especies. El porcentaje de Fe bioaccesible resultó elevado, superior al 50%, destacándose el pescado frito. Los valores de cobre (Cu) dializable variaron entre 11% para surubí y 46% en boga al horno. Para el manganeso (Mn), el dializable varió entre 10 y 41%, y en Zn de 7 a 50%. Se concluye que algunos métodos de cocción pueden incrementar la fracción bioaccesible de algunos minerales, como el P biodisponible en boga frita; de Fe en carne frita de las dos especies y de Zn en todos los procesos de cocción en boga.

Palabras clave: boga, surubí, bioaccesibilidad, elementos traza, minerales.

ABSTRACT. The objective of the work was to determine the total and bioaccessible concentrations of trace elements and major minerals in surubí and boga meat, considering the influence of the different cooking methods before ingestion (baked, fried and boiled), on the final bioaccessibility of the minerals studied. Bioaccessibility was estimated by dialysis, an in vitro model that simulates human gastrointestinal digestion; elements were quantified by molecular spectrophotometry, atomic absorption and complexometry. Total calcium (Ca) concentrations in boga meat were higher than those of surubí in all treatments; while magnesium (Mg), except low values in raw and baked boga, were similar in both species; the same with phosphorus (P). Considering trace elements, ferrum (Fe) and zinc (Zn) stand out in both species, with losses in cooking. The bioaccessible fraction for Ca varied between 3 to 15%, Mg between 6 to 20% and P between 10 to 15%, for all treatments in both species. The percentage of bioaccessible Fe was high, over 50%, with fried fish standing out. The values of dialyzable copper (Cu) varied between 11% for surubí and 46% in oven boga. For Mn, the dialysable varied between 10 and 41%, and in Zn from 7 to 50%. It is concluded that some cooking methods can increase the bioaccessible fraction of some minerals, such as bioavailable P in fried boga; of Fe in fried meat of both species and of Zn in all the cooking processes in boga.

Keywords: boga, surubí, bioaccessibility, trace elements, minerals.

Dirección para correspondencia: Dra. Maria Laura Ortiz - Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Análisis físico-químicos anexo a la Cátedra de Biofísica. Corrientes. Argentina.

E-mail: laugusrus@yahoo.com.ar

Recibido: 03 de junio de 2024 / **Aceptado:** 30 de junio de 2024

INTRODUCCIÓN

El pescado es un alimento que puede ser sometido a todos los métodos de cocción, permitiendo su inclusión en platos de gran versatilidad y haciéndolo muy apetecible para los consumidores, además su creciente consumo se debe a información relacionada con los beneficios que aporta a la salud humana [1].

A lo largo del mundo ha sido ampliamente reconocido que los productos de la pesca y de la acuicultura constituyen un recurso natural importante para las sociedades, por su valioso aporte de nutrientes en la dieta humana [2].

La carne de pescado constituye una fuente de proteínas, minerales y vitaminas esenciales, de valioso valor biológico [3, 4], además presenta un perfil lipídico con bajo contenido de grasas saturadas y elevados niveles de los ácidos grasos n-3, esenciales para la salud [5, 6].

Entre las especies de peces de agua dulce de mayor consumo en la Provincia de Corrientes, Argentina, se encuentran el surubí (*Pseudoplatystoma reticulatum* y *P. coruscans*), boga (*Leporinus obtusidens*), el dorado (*Salminus brasiliensis*) y pacú (*Piaractus mesopotamicus*); caracterizados por carnes magras y de alta palatabilidad y que constituyen una fuente potencial de minerales esenciales para la dieta humana [7]. La información sobre el contenido de minerales esenciales en las especies mencionadas es escasa y principalmente hay carencia de datos sobre la fracción bioaccesible de estos elementos.

Es importante cuantificar los contenidos totales de estos minerales en un alimento, así como la fracción bioaccesible para su absorción intestinal, retención y posterior utilización en funciones fisiológicas. La bioaccesibilidad se define como la fracción de un nutriente que se libera de la matriz alimentaria en el tracto gastrointestinal después del proceso de digestión del alimento, quedando potencialmente disponible para una mayor absorción por parte de las células intestinales [8].

Los estudios de bioaccesibilidad se pueden realizar in vivo o in vitro, capaces de simular las condiciones fisicoquímicas y fisiológicas del tracto gastrointestinal humano [9], seguido de análisis del extracto resultante o quimo. Para superar los

inconvenientes relacionados con los experimentos in vivo, que presentan un alto costo, demanda de tiempo, restricciones analíticas y éticas, los ensayos estáticos de digestión in vitro han sido y suelen aplicarse para estimar la fracción bioaccesible de minerales en varios productos pesqueros mediante métodos espectroanalíticos [10, 11].

El valor nutricional real de un alimento incluye entonces el concepto de bioaccesibilidad, el cual puede verse afectado después de los diferentes métodos de cocción utilizados, como hervir, hornear o freír. Estudios realizados en peces de agua dulce confirman lo mencionado anteriormente, destacando que la composición nutricional de la carne de pescado, varía con los diferentes métodos de cocción utilizados [12].

Este estudio tuvo como objetivo determinar las concentraciones totales y bioaccesibles de elementos traza y minerales mayoritarios en carne de surubí (*Pseudoplatystoma reticulatum* y *P. coruscans*) y boga (*Leporinus obtusidens*), teniendo en cuenta la influencia de los distintos métodos de cocción y procesado de la carne de pescado antes de su ingesta, sobre la biodisponibilidad final de los minerales estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se trabajó con muestras de surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. coruscans*) y boga (*Leporinus obtusidens*), especies características de los ríos de la Mesopotamia Argentina, las cuales fueron recolectadas de zonas del río Paraná, aledañas a la ciudad de Corrientes: Barrio Cichero: (27°27'21.97" latitud S- 58°49'16.48" longitud O) y Barrio Astillero: (27°29'14.46" latitud S 58°51'22.07" longitud O) (Figura 1), durante el período habilitado para la pesca comercial (enero a junio del año 2023).

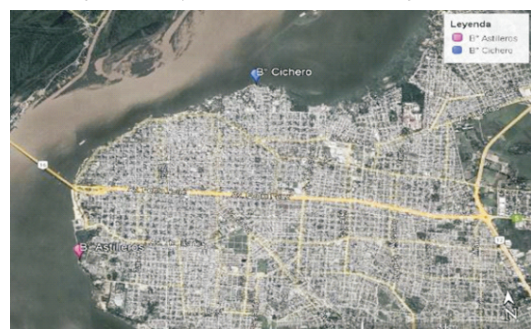


Figura 1. Mapa de los puntos de muestreo

Se seleccionaron peces frescos eviscerados,

en todos los casos se trabajó con los músculos dorsales. Las muestras se fraccionaron, para procesarse en estado fresco; considerándose cuatro tratamientos, crudo y cocido por tres métodos: hervido, al horno y frito (n = 5). El proceso de cocinado se realizó en todos los casos hasta lograr una coloración opaca blanco leche y que, al pinchar con tenedor, no salgan jugos de la carne.

Pescado hervido: Para esta cocción se consideró la proporción 100 g de pescado / 500 ml de agua. Una vez que el agua alcanzó la ebullición, se introdujo el pescado y se cocinó por 15 minutos, con el recipiente tapado.

Pescado frito: La fritura se realizó utilizando aceite de girasol en una sartén de teflón a 180 °C y las porciones se cocinaron, de ambos lados, por 10 minutos. Una vez retiradas del aceite, se dejaron escurrir por 5 minutos sobre papel absorbente.

Pescado al horno: Se precalentó el horno a 180 °C por 10 minutos, las porciones se colocaron en pequeñas asaderas individuales de vidrio pyrex, para evitar la contaminación con metales del recipiente y se las cocinó por 10 minutos de cada lado. El procesamiento de las muestras crudas y cocidas consistió en pesado del material fresco, luego un secado a estufa, hasta peso constante, se determinó humedad por gravimetría indirecta [13]; posterior molienda del material seco, y para el dosaje de los minerales se utilizó un método de disgregación seca y disolución en ácidos inorgánicos. Los recipientes empleados en la toma y conservación de la muestra fueron estériles y todo el material de vidrio utilizado fue descontaminado, para la eliminación de trazas metálicas, en un baño de ácido nítrico diluido (5-15%) al menos durante 24 horas, aclarándolo abundantemente con agua desionizada antes de su uso. Las muestras se molieron en mortero de porcelana hasta polvo impalpable.

Para el proceso de disgregación seca, aproximadamente 1 gramo de cada muestra en polvo se colocó en crisoles, sometiéndolo a horno mufla a 500 ° C hasta obtención de cenizas sin puntos carbonosos. Posteriormente se agregó HCl p.a. 1:5, logrando total disolución mediante digestión caliente. Los extractos concentrados se llevaron a volumen final de 20 ml.

Bioaccesibilidad in vitro

Se utilizó la dializabilidad de los minerales

como un indicador de su bioaccesibilidad, por un método in vitro [14], modificado [15]. El procedimiento involucró una digestión enzimática en condiciones que simulan a las fisiológicas. Las disoluciones enzimáticas se prepararon inmediatamente antes de su uso. La disolución de pepsina, disolviendo 16 g de pepsina de estómago porcino (Sigma, P-7000) en 100 mL de HCl 0,1 M. Para la preparación de la disolución de pancreatina-sales biliares, 0,4 g de pancreatina porcina (Sigma Chemical Co. P-170) y 2,5 g de sales biliares (Sigma, B-8631) se disolvieron en 100 mL de NaHCO₃ 0,1 M.

La membrana de diálisis utilizada presentó un tamaño de poro (MMCO) de 12.000 Å (Dia. Inf. 36/32"-28,6 mm, 30 m, Bestl n° 1063F09, Medicell Int.LTD, England) y fue sumergida en agua desionizada antes de su utilización.

Ensayo de diálisis

Etapas gástrica

Se pesó en un erlenmeyer 5 g del alimento y se mezcló con 20 g de agua destilada-desionizada (ADD), se trabajó por triplicado. Las muestras se ajustaron a pH 2,0 con HCl 6M. Se adicionaron 0,5 g de pepsina por 100g de muestra. La mezcla se incubó en un baño de agua con agitación a 37° C durante 2 horas. Transcurrido este tiempo, los erlenmeyers se sacan del baño e inmediatamente se sumergen en hielo durante 5-10 minutos. A continuación, se procedió a la valoración de la acidez, y se determinó el título de acidez que se define como el n° de equivalentes de NaOH necesarios para llevar a pH 7,5 alícuotas del digerido gástrico adicionadas de pancreatina-extracto biliar.

Etapas intestinal

Los digeridos gástricos se colocaron en matraces de 250 mL y se introducen segmentos de tubo de diálisis, conteniendo 25 mL de agua desionizada y una cantidad de NaHCO₃ equivalente a la medida en la acidez titulable. Las muestras se colocaron en baño de agua con agitación a 37° C durante 45 min. Para llevar a cabo la digestión pancreática se añadieron 7,5 mL de la disolución de pancreatina - sales biliares a cada matraz y la digestión se continuó a 37°C durante 2 horas más.

Después de la incubación, los tubos de diálisis se enjuagaron con ADD, se secan cuidadosamente y los contenidos se trasvasaron a crisoles de porcelana, evaporándose en plancha caliente hasta sequedad y posteriormente

destruyendo toda la materia orgánica en mufla a 500 °C y disolviendo las cenizas por el método de disgregación seca antes descripto.

El porcentaje de mineral dializado resultó:

$$\% \text{ diálisis} = 100 \times D/C$$

donde D = mineral dializado (µg/g muestra) y C es el contenido de mineral total en la muestra (µg/g muestra).

Métodos de análisis químicos utilizados

A fines de garantizar la calidad de los resultados de los análisis químicos realizados, y la rigurosidad de los procedimientos y ensayos en el laboratorio, se realizó una validación de los métodos analíticos, por lo que se trabajó con Instrumental calificado y calibrado: espectrofotómetro de Absorción Atómica marca GBC 932 Plus y espectrofotómetro UV-visible marca Exylon modelo 752N, ambos en funcionamiento en el Servicio de Análisis Físico químicos de la cátedra de Biofísica, UNNE, cada una de las metodologías está documentada y son determinaciones rutinarias en el laboratorio, además se trabajó con patrones de referencia de alta confiabilidad, marca Perkin Elmer, de concentración 1000 ppm; con los que se confeccionaron curvas de calibrado para ambos equipos. En cada ensayo se procesó junto a las muestras analizadas, el material comercial de referencia Certificado (Rice Flour NIST. 1568a). El contenido de los elementos traza Fe, Cu, Mn y Zn se determinó por Espectrofotometría de Absorción atómica con llama (F-AAS) [13]; en el caso del fósforo inorgánico, por espectrofotometría UV-visible o de absorción molecular, utilizando como reactivo color ácido molíbdico y reactivo de Elon, con lectura a 660 nm [16] y las concentraciones de calcio y magnesio se determinaron por volumetría de formación de complejos valorando, con EDTA 0,01 M y trabajando a pH 10 y pH 12 [17]. Con las metodologías

instrumentales antes señaladas se cuantificaron los niveles de minerales traza y macro elementos, contrastándolos con patrones específicos de alta confiabilidad [13]. Teniendo en cuenta las diluciones efectuadas se calcularon los tenores elementales expresando los resultados en base seca y en las condiciones de humedad en que se utilizaron.

Análisis Estadístico

Para el ensayo se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA).

Cuyo modelo lineal aditivo es: $Y_{ij} = \mu + \hat{\omega}_i + e_{ij}$

Y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i en la repetición j.

μ = media general.

$\hat{\omega}_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento.

e_{ij} = error aleatorio

En todos los casos se comprobaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks), homogeneidad de la variancia (Levene) y por la característica de la prueba siempre se cumplió con el supuesto de independencia. Para el análisis de variancia, la hipótesis nula (H0) se rechazó con un nivel de α del 5% y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Las concentraciones de minerales halladas en las muestras de pescado crudo y cocido; totales y bioaccesibles se presentaron como valores medios \pm desvíos estándares. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fracción de masa total de minerales esenciales en boga y surubí luego de los distintos tratamientos.

Tabla 1. Fracción total de Ca, Mg y P y elementos traza; Fe, Cu, Mn y Zn, en carne de boga crudo y cocidos (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$).

Tratamiento	mg 100 g ⁻¹			µg g ⁻¹			
	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
Crudo	553,33±60,28b	10±0,00a	423,33±80,83a	10,31±0,9a	18,1±0,76c	5,47±0,34	22,17±1,43d
Horno	150±30a	133,33±15,28c	506,67±51,32ab	12,18±3,08	8,5±0,29a	5,52±0,17	13,06±0,25b
Hervido	476,67±15,28b	16,67±63a	353,33±51,32a	10,45±0,11	12,06±1,98b	4,52±0,26	19,4±0,62c
Frito	420±160b	91,33±10,5b	666,67±140,12b	8,41±0,5	8,83±0,66a	7,88±1,13	8,46±0,37a

Tabla 2. Fracción total de Ca, Mg y P y elementos traza; Fe, Cu, Mn y Zn, en carne de surubí crudo y cocidos (letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$).

Tratamiento	mg 100 g ⁻¹			µg g ⁻¹			
	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
Crudo	167±11,27a	97±11,27a	366,67±15,28	11,14±0,08d	11,22±0,17c	1,57±0,3a	31,52±0,28a
Horno	163,33±5,77a	106,33±3,51ab	376,67±15,28	4,75±0,18a	4,79±0,33a	3,23±0,12c	34,62±0,16b
Hervido	160,33±10,02a	113±2,00b	360±10	5,24±0,08b	12,62±1,22c	2,25±0,04b	34,3±0,27b
Frito	200±10b	119,67±1,53b	373±15,28	7,11±0,07c	6,56±0,41b	2,83±0,11c	36,8±0,1c

En las tablas 1 y 2 se presentan los valores obtenidos para Ca, Mg y P expresadas en mg cada 100 gramos de alimento, en los distintos tratamientos, para las dos especies de pescados. Las concentraciones de Ca para boga fueron de 420 a 553 mg 100 g⁻¹, en los distintos tratamientos, registrándose una disminución en las muestras al horno (150 mg 100 g⁻¹), para surubí los valores de este elemento fueron similares en todas las muestras, pero inferiores (160 a 200 mg 100 g⁻¹). En ensayos realizados sobre la especie de agua dulce *Catla*, obtuvieron concentraciones de 181 mg 100 g⁻¹ (frito) y de 232 mg 100 g⁻¹ (hervido) [18], similares a los obtenidos en surubí e inferiores a los de boga.

Se registraron valores bajos de Mg en las muestras cruda y hervida de boga (10 a 16 mg 100 g⁻¹) siendo más elevadas en la muestra al horno y frita (91 a 133 mg 100 g⁻¹) y resultando estos últimos similares a los valores de los distintos tratamientos en carne de surubí. Las concentraciones de Mg en las especies estudiadas, resultaron inferiores a las reportadas en un ensayo, donde las muestras crudas tuvieron valores de 190 mg g⁻¹ y las cocidas de 200 a 250 mg 100g⁻¹ [19]. Para el macromineral P se obtuvieron concentraciones similares en todos los tratamientos de ambas especies (353 a 666 mg 100 g⁻¹), el valor más elevado corresponde al tratamiento frito de boga, siendo superiores a los reportados en ensayos realizados por Karimian-Khosroshahi et al. (2016), con un rango de concentración de 230 a 310 mg 100 g⁻¹.

Con respecto a los elementos traza (Tablas 1 y 2); sus concentraciones siempre se encontraron por debajo de los máximos permitidos por el Código Alimentario Argentino [20]. El Fe presentó concentraciones menores en los tratamientos de horno, hervido y frito para surubí, que podría indicar una pérdida del elemento por estos métodos de

cocción, la muestra cruda mostró valores superiores y similares a todos los tratamientos de boga (8 a 12 µg g⁻¹). Se obtuvieron valores más elevados tanto en muestras crudas (21,14 µg g⁻¹) y cocidas (21,38 µg g⁻¹) en trabajos con peces de agua dulce (*Catla catla*) [12]. Para el Cu se observó una disminución en los tratamientos al horno y frito de ambas especies. En ensayos consultados, las concentraciones tanto en muestras crudas (1,20 µg g⁻¹) y cocidas (0,5 a 1,10 µg g⁻¹) fueron inferiores a las observadas en el presente estudio [12].

El Mn mostró en todas las muestras, valores superiores en boga (4,5 a 7 µg g⁻¹) con respecto a surubí (1,5 a 3,2 µg g⁻¹). Los reportes de un trabajo consultado, muestran valores de; 2,75 µg g⁻¹ para muestras crudas y de 1,02 a 1,25 µg g⁻¹ para cocidas [12], resultados similares a los de surubí y menores con respecto a los tratamientos en boga. El elemento traza Zn presentó valores muy similares en todos los tratamientos de la especie surubí (31 a 36 µg g⁻¹) y superiores a las muestras de boga. Para esta especie la concentración más baja, que podría indicar una pérdida de este elemento, se obtuvo en el tratamiento frito (8 µg g⁻¹), alcanzando el valor más alto en la carne cruda. Contrastando con reportes de Dayami y Sarojnalini (2022) para Zn, el valor de la muestra cruda fue de 28 µg g⁻¹, mientras que las muestras cocidas tuvieron un promedio de 23 µg g⁻¹, similares a las obtenidas en surubí.

Influencia de los tratamientos térmicos en la bioaccesibilidad de minerales esenciales.

La fracción dializable, indicadora de la bioaccesibilidad para los minerales mayoritarios Ca, Mg y P (expresados en mg/100g de alimento); aparecen en la Figura 2 para la especie boga y en la Figura 3 para el caso de Surubí.

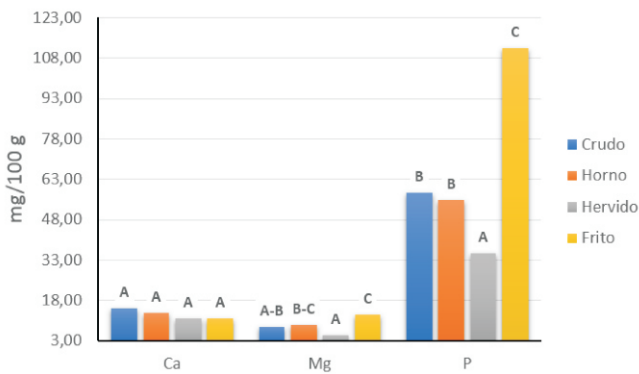


Figura 2. Fracción bioaccessible de Ca, Mg y P ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) en carne de boga cruda y cocida. Las barras con letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

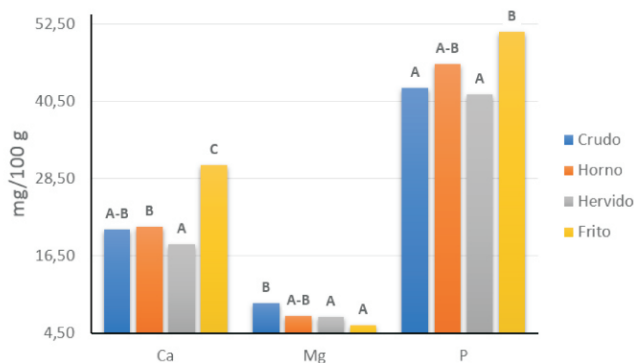


Figura 3. Fracción bioaccessible de Ca, Mg y P ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) en carne de surubí cruda y cocida. Las barras con letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La fracción dializable, indicadora de la bioaccessibilidad para los minerales mayoritarios Ca, Mg y P (expresados en $\text{mg}/100\text{g}$ de alimento); aparecen en la Figura 2 para la especie boga y en la Figura 3 para el caso de Surubí.

La fracción bioaccessible de Calcio en boga varió entre un 3 al 8 % del contenido total (que en la sección anterior referimos como el más elevado de las dos especies estudiadas), mientras que al considerar el calcio biodisponible en surubí, varió entre un 15 a 11%, correspondiendo el valor más alto al tratamiento de la carne frita.

Considerando el Magnesio, la porción dializable en boga cruda fue mayor, mientras que la carne sometida a cocción varió entre el 7 al 27%, en el caso del magnesio dializable en surubí, la fracción osciló entre 6 y 10% en todos los tratamientos.

En referencia a la fracción bioaccessible para el fósforo, se mantuvo en un 10-15% para todos los

tratamientos de cocción, incluida también la carne cruda y en las dos especies de peces estudiados, se debe destacar el caso del P bioaccessible en boga frita, cuya concentración absoluta resultó muy superior a los otros tratamientos (Figura 2), pero el mismo representa un 16% del P total ($666 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Estos resultados están en concordancia con estudios recientes en dorado, utilizando la misma metodología in vitro [21] y en tilapia, utilizando como método de bioaccessibilidad la solubilidad [22]. Los autores de este último trabajo informan valores de Ca bioaccessible inferiores al 40%, y que algunos procesos de cocción podrían aumentar la bioaccessibilidad de algunos macrominerales. Además, informan que no encontraron diferencias significativas en el fósforo bioaccessible en ninguno de los tratamientos térmicos con respecto al pescado crudo.

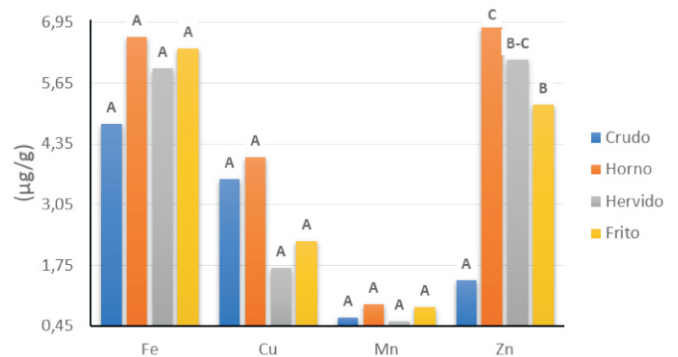


Figura 4. Fracción bioaccessible de Fe, Cu, Mn y Zn ($\mu\text{g } \text{g}^{-1}$) en carne de boga cruda y cocida. Las barras con letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

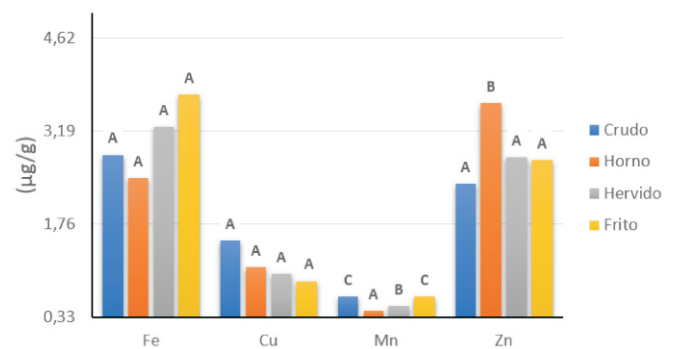


Figura 5. Fracción bioaccessible de Fe, Cu, Mn y Zn ($\mu\text{g } \text{g}^{-1}$) en carne de surubí cruda y cocida. Las barras con letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La fracción dializable de los elementos traza, se indican en valores absolutos ($\mu\text{g/g}$) en la Figura 4 para Boga y en la Figura 5 para surubí. El porcentaje de Fe bioaccessible resultó elevado en ambas especies, siempre superior al 50% de las concentraciones totales; destacándose el aumento de dializabilidad en

el pescado frito; que podría estar relacionados a un aporte de este elemento por parte del aceite usado en la cocción. Se ha informado un aumento en la bioaccesibilidad del Fe por parte de los tratamientos térmicos en general [22], los cuales provocarían cambios estructurales en las proteínas del alimento que favorecerían la acción de las enzimas digestivas utilizadas, estos resultados fueron corroborados en otras revisiones actuales [23].

Los valores de Cu dializable fueron superiores en todos los tratamientos para la especie Boga, destacándose el Cu bioaccesible en el pescado al horno, con un 46% del total; mientras que en surubí la fracción dializable osciló entre un 11 y 20%. Estos resultados difieren de los informados en un trabajo, que reportan mayores porcentajes de fracción biodisponible de este elemento en las muestras crudas que en las cocidas por distintos métodos, y también informan mayores valores de Cu biodisponible (72- 97% para crudas y 21-74% para cocidas) [24].

Considerando la fracción biodisponible de Mn, permaneció muy similar en todos los tratamientos, entre un 10 y un 17% para carne de boga, resultando superior (23-41%) en la carne de surubí, el mayor valor en la carne cruda, en este caso. En el caso del Zn bioaccesible, se mantuvo bajo (7-10%) en todos los tratamientos de carne de surubí, pero en el caso de Boga, se observó un aumento de la fracción dializable en el pescado cocido (32-60% del contenido total); este aumento de Zn bioaccesible en el pescado cocido, sobre todo el frito, también fue reportado en otros estudios [11, 22]; en el más reciente se informa un 12% de fracción bioaccesible de Zn y un aumento entre un 19 y un 31% para el pescado cocido; ligeramente inferiores a los hallazgos del presente trabajo.

CONCLUSIÓN

La carne de estas dos especies de río evaluadas, resultaron alimentos con tenores adecuados en Ca, Mg y P, considerados como los mayoritarios, y los procesos de cocción provocaron pérdidas significativas de Ca en boga al horno y un aumento de P en boga frita. Las concentraciones de elementos trazas se vieron afectadas por la cocción, como disminución de Fe en surubí cocido y Zn en boga frita. Los resultados evidenciaron que algunos métodos de cocción pueden incrementar la fracción bioaccesible de algunos minerales, tal como el aumento de P biodisponible en boga frita; el aumento de la fracción dializable de Fe en la carne frita de las

dos especies y de Zn en todos los procesos de cocción en el caso de boga.

BIBLIOGRAFIA

1. Da Silva, W., Pereira-Coêlho, A., Marins-Magalhães, P., De Lima-Silva, A., De Siqueira-Moura, C., Shinozaki-Mendes, R. (2020). Fatores que influenciam o consumo do pescado no semiárido. *Revista Científica Rural*. 22 (1): 205-215.
2. Ogbonnaya, C. y Shaba, M. I. (2019). Effects of Drying Methods on Proximate Compositions of Catfish (*Clarias gariepinus*). *World J. Agric. Sci.* 5(1): 114-116.
3. Özden, Ö. (2010). Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from Marmara Sea. *Environ. Monit. Assess.* 162: 191-199.
4. Luchini, L. (2010). Beneficios nutricionales y de salud del producto "pescado". *Dirección de Acuicultura*. 15(1): 156-179.
5. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy. 2020.
6. Chen, J., Jayachandran, M., Bai, W., Xu, B. (2022). A critical review on the health benefits of fish consumption and its bioactive constituents. *Food Chem.* 369: 130874.
7. Ciappini, M.C., Gatti, M.B., Cabreriso, M.S., Chaín, P.N., Gónzales-Pierini, E., Piazza-Simoni, N. (2020). Comparación de consumo de pescado de río en ciudades costeras al río Paraná: Rosario y conglomerado Corrientes-Resistencia. *Diaeta*. 38 (173): 28-37.
8. Cardoso, C., Afonso, C., Lourenço H., Costa, S., Nunes, M.L. (2015). Bioaccessibility assessment methodologies and their consequences for the risk-benefit evaluation of food. *Trends Food Sci. Technol.* 41: 5-23.
9. Lucas-González R., Viuda-Martos M., Pérez-Alvarez J.A., Fernández-López J. (2018) In vitro digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges. *Food Research International*. 107: 423-436
10. Afonso, C., Costa, S., Cardoso, C., Coelho, I., Castanheira, I., Lourenço H., Gonçalves, S., Oliveira R, Carvalho, M.L., Martins, M.F., Bandarra, N.M., Nunes, M.L. (2018). Bioaccessibility in risk-benefit analysis of raw and cooked seabream consumption. *J Food Compost Anal.* 68: 118-127.
11. Alves, R.N., Maulvault, A.L., Barbosa, V., Fernández-Tejedor, M., Tediosi, A., Kottermanf, M., van den Heuvel, F.H.M., Robbens, J., Fernádes, J.O., Rasmussen, R.R., Perez, J.J., Marques, A. (2018). Oral bioaccessibility of toxic and essential elements in raw and cooked commercial seafood species available in European markets. *Food Chem.* 267: 15-27.

12. Dayami, H., & Sarojnalini, C. (2022). Changes in the proximate composition, fatty acid and mineral contents of *Catla catla* of Loktak lake by different cooking methods. *Asian j. biol. life sci*, 11(1), 149-156.
13. AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC International .18th ed. Gaithersburg (MD): Método AOAC 999.10, Plomo, cadmio, cobre, hierro y cinc en alimentos. Método de espectrometría de absorción atómica. AOAC International. 2005.
14. Cámara, F., Amaro, M.A., Barnerá, R., Clemente, G. (2005). Bioaccessibility of minerals in school meals: Comparison between dialysis and solubility methods. *Food Chem.*92: 481- 489.
15. Ortiz, ML, Cámara-Martos F. (2018). Bioaccessibility and total content of iron, zinc, copper, and manganese in rice varieties (*Oryza sativa L.*): A probabilistic assessment to evaluate their contribution to dietary reference intake. *Cereal Chem.*95: 790-799.
16. Dasbasi, T, Kartal, S., Saçmac, S., Ülgen, A. (2016). Determination of some metal ions in various meat and baby food samples by atomic spectrometry. *Food Chem.* 197:107-113.
17. APHA, AWWA, WEF. (2005). Standard Methods. Análisis de calcio y Magnesio por titulación con EDTA. 21ed. Part 3000. p. 3-65 y 3-84.
18. Gaurat, P.V., Koli, J.M., Bhosale, B.P., Mulye, V.B., Sonavane, A.E., Shingare, P.E. y Gitte, M.J. (2020). Efecto de diferentes métodos de cocción sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del catla (*Catla catla*). *Revista de Zoología Experimental India.*23: 847-853
19. Karimian-Khosroshahi, N., Hosseini, H., Rezaei, M., Khaksar, R. y Mahmoudzadeh, M. (2016). Efecto de diferentes métodos de cocción sobre minerales, vitaminas e índices de calidad nutricional de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Internacional de Propiedades de los Alimentos.* 19 (11): 2471-2480.
20. Llamazares Vegh, S., Avigliano, E., Thompson, G.A. y Volpedo, A. (2021). Elementos traza en peces comerciales de Argentina. *InVet.* 23(1): 1-15.
21. Trulls, H.E., Ortiz, M.L., Picot, J.A., Zach, A., Brem, J.C. (2023). Bioaccessibilidad in vitro y concentraciones totales de minerales esenciales en carne de dorado (*Salminus brasiliensis*) crudo y cocido. *Revista Veterinaria.* 34(2): 111-116.
22. Santos, H.M., De Higuera, J.M., De Araujo-Nogueira, A.R. (2022). In vitro bioaccessibility of essential minerals from raw and cooked Tilapia fillet: Method validation and analysis by synchronous vertical dual view ICP OES. *Food Chemistry Advances.*1: 100080.
23. Bhat, Z.F., Morton, J.D., Bekhit, A.E.D.A., Kumar, S., Bhat, H.F. (2021) Thermal processing implications on the digestibility of meat, fish and seafood proteins. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 20 (5): 4511- 4548.
24. Zhang, C., Miao, X., Du, S., Zhang, T., Chen, L., Liu, Y., Zhang, L. (2023). Effects of Culinary Procedures on Concentrations and Bioaccessibility of Cu, Zn, and As in Different Food Ingredients. *Foods.*12 (8): 1653.